

农药污染对微生物多样性的影响

石兆勇, 王发园* (河南科技大学农学院, 河南洛阳471003)

摘要 介绍了土壤农药污染对微生物多样性的影响, 并简单探讨了研究的发展方向。

关键词 农药污染; 微生物多样性; 功能多样性; 遗传多样性

中图分类号 S181 文献标识码 A 文章编号 0517 - 6611(2007) 19 - 05840 - 02

Effects of Pesticide Contamination on Microbial Diversity

SHI Zhao yong et al (Agricultural College, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471003)

Abstract The effects of pesticide contamination of soil on microbial diversity were reviewed and the future prospect was discussed briefly.

Key words Pesticide contamination; Microbial diversity; Functional diversity; Genetic diversity

我国是农药消费大国和生产大国。有资料表明, 我国农药污染土壤达1 600 万hm², 主要农产品的农药残留超标率高达16%~18%^[1]。微生物是生态系统的重要组成部分, 对土壤功能、生态系统的稳定和自然界元素循环等有重要的意义。农药污染会破坏土壤功能, 威胁微生物多样性, 影响土壤生态系统的稳定, 并可通过食物链影响人体健康。农药污染对某些土壤微生物的影响是有选择性的。对于某些能利用污染物作碳源和能源的微生物来说, 污染可能会刺激这些微生物的生长繁殖; 而对于那些缺乏耐性的微生物来说, 污染势必会对其产生抑制作用。

1 农药污染对微生物种群多样性的影响

农药对土壤微生物的影响有直接的或间接的、抑制的或促进的、暂时的或持久的等类型。一般来说, 低量施用杀虫剂或除草剂对土壤微生物多样性的影响不大; 但是如果大量施用, 则会抑制甚至消灭某些敏感微生物, 从而对微生物群落的组成起到选择作用。杀菌剂、杀真菌剂和熏蒸剂等可以直接杀灭微生物, 也可以剧烈地改变微生物在土壤中的生态平衡, 即使较低浓度也能引起微生物群落的明显变化。

目前常用的杀虫剂可以影响微生物的种群多样性, 但是低浓度时作用往往不明显, 有些甚至可以作为微生物的碳、氮、磷源以促进微生物的生长繁殖。低浓度甲基对硫磷对土壤微生物数量影响不大, 添加100 和500 ng/L 甲基对硫磷能明显增加土壤细菌的数量; 甲基对硫磷通过抑制或者杀灭某些种类土壤细菌, 大大促进土壤生态系统中部分种类细菌的增殖^[2]。土壤经不同浓度甲胺磷处理后, 细菌、放线菌和固氮菌群的生长均受到不同程度的抑制^[3]。

除草剂对微生物的作用与杀虫剂类似。在高浓度时, 除草剂往往会对细菌、真菌产生毒害作用; 在低浓度时, 除草剂对微生物的影响不大。磺酰脲类除草剂可以抑制某些微生物体内乙酰乳酸合成酶的活性, 从而影响这些微生物体的正常生长^[4-5]。溴苯腈在田间施用量水平时可以使细菌和放线菌的数量增加, 而在高浓度时会抑制细菌和放线菌的活性, 并且降低真菌的数量, 使土壤纤维素酶的活性也受到抑制^[6]。莠去津和除虫菊酯处理过的土壤, 一开始能刺激微生物区系, 菌量呈指数生长, 然后下降。这可能是由于农药与

土壤的相互作用促进了有机质和死去微生物的分解^[7]。杀螟松、利谷隆和西玛津对微生物量、微生物物种多样性和群落结构没有明显影响^[8]。土壤中结合态甲磺隆残留物对土壤细菌、真菌具有明显的刺激作用, 而对土壤放线菌有强烈的抑制作用^[9]。二氯 啉酸对水稻田土壤中好氧性细菌、水解发酵细菌、反硝化细菌数量的影响都是短暂的。浓度较低时, 二氯 啉酸可以促进真菌数量的增加; 高浓度时, 二氯 啉酸具有抑制作用^[10]。苯 草胺能促使好氧细菌数量的增加, 但不利于真菌和放线菌的生长^[11]。高浓度的多菌灵、呋丹或丁草胺可以降低水稻田中硫酸盐还原菌和反硝化细菌的种群数量, 低浓度的呋丹或丁草胺可以刺激硫酸盐还原细菌或反硝化细菌的生长^[12-13]。阿特拉津和甲磺隆在初始阶段明显降低土壤微生物生物量碳和微生物生物量氮, 但随着培养时间的推移, 土壤微生物生物量碳和生物量氮都有所恢复^[14-15]。

土壤熏蒸剂对微生物多样性的影响很大。施用土壤熏蒸剂3- 溴丙炔和1,3- 二氯丙烷, 可以降低微生物群落的多样性^[16]。施用甲基溴也可以降低土壤微生物的多样性, 而且对革兰氏阴性菌的影响要大于革兰氏阳性菌^[17]。施用熏蒸剂威百亩后微生物的异养性活性和脂肪酸成分发生改变, 从而改变微生物的功能如营养循环和污染物降解, 并且放线菌和其他革兰氏阳性菌更容易恢复^[18]。

杀菌剂能直接杀死某些细菌, 严重影响细菌的群落结构。泰乐菌素主要对革兰氏阳性菌起作用^[19]。在施加泰乐菌素的土壤中, 细菌群落往往向以革兰氏阴性菌为主体的群落转移。土壤中施加泰乐菌素, 降低了细菌菌落数, 但抗性菌落比例增加, 说明泰乐菌素对土壤微生物形成选择压力^[20]。杀真菌剂丁苯吗啉没有影响细菌的多样性, 但对腐生真菌作用明显^[21]。

许多研究表明, 杀虫剂、除草剂等可以抑制甲烷氧化作用^[22-23]。这意味着施用农药可能对包括嗜甲烷菌等在内的土壤微生物产生抑制作用。但是也有研究发现, 施加除草剂没有影响甲烷氧化作用和嗜甲烷菌的数量^[24]。

2 农药污染对微生物功能多样性的影响

农药污染往往对微生物群落产生选择作用, 从而影响微生物的功能多样性。农药严重污染导致土壤微生物群落功能多样性的下降, 减少了能利用有关碳底物的微生物的数量, 降低微生物对单一碳底物的利用能力^[25]。研究表明, 甲

基金项目 河南科技大学科学研究基金(2006ZY035)。

作者简介 石兆勇(1975-), 男, 山东章丘人, 博士, 从事丛枝菌根与植物生态学方面的研究。* 通讯作者。

收稿日期 2007-03-23

磺隆、阿特拉津和丁草胺的施用初期,微生物碳源利用多样性变化不明显;随着培养时间的增加,微生物碳源利用多样性发生变化,变化趋势因除草剂类型不同而异^[26]。某些杀虫剂、杀菌剂严重影响硝化细菌的功能,从而影响土壤氮循环^[27]。当加入土壤中的 DDT 和 HCH 含量稍低时,微生物会利用农药为碳源进行分解作用,从而刺激微生物的生长,此时表现出丰富度、均匀性和多样性都呈增长的趋势^[28]。

杀虫剂、除草剂影响土壤中微生物在元素循环中的作用。甲胺磷能使土壤硝化作用减弱,氨化作用增强^[3]。高浓度的多菌灵、咪 丹或丁草胺可以抑制硫酸盐还原活性,降低水稻田中反硝化作用^[12-13]。杀虫剂、除草剂可以减少根瘤的数量,降低根瘤干重,抑制根瘤菌的固氮功能^[29-30]。其机理可能是通过影响根瘤菌纤维素水解酶和果胶酶的产生而抑制结瘤^[31]。

与除草剂、杀昆虫剂相比,杀真菌剂对外生菌根的毒性更强,而代森锰、草甘膦和草净津可以刺激某些菌根的生长^[32]。杀虫剂、除草剂等可能通过影响孢子萌发、根系分泌物和菌丝产生酶等对丛枝菌根真菌产生抑制作用^[33]。丁草胺等除草剂抑制丛枝菌根真菌的侵染、菌丝 ALP 和 SDH 酶活性,菌丝总量也明显降低^[34]。低剂量(0.5 ng/kg) 灭克磷对丛枝菌根真菌生长和代谢活性都有一定的刺激作用,高剂量(1.5 和 3.5 ng/kg) 灭克磷使 *Gomus mosseae* 活性菌丝量的相对增长速率明显低于对照,几乎达到停止的水平^[35]。

3 农药污染对微生物遗传多样性的影响

利用免培养法直接提取土壤微生物总 DNA,然后通过 PCR 扩增及变性梯度凝胶电泳(DGGE)等分析微生物基因序列的变化,可以有效的反映微生物遗传多样性的变化。

土壤农药污染能改变微生物的遗传多样性。农药污染会引起土壤微生物 DNA 序列发生变化^[36]。16S rDNA 分析显示,在长期甲基对硫磷污染的土壤中,微生物群落结构发生明显变化^[37]。旱地使用正常田间浓度的 虫脒不会对微生物群落造成较大的影响,高浓度 虫脒对土壤微生物群落基因多样性有一定的影响,但是影响时间不长^[38]。

除草剂地乐消酚可以减少土壤微生物的生物量,抑制微生物碳源代谢途径,促进氮矿化,降低微生物的遗传多样性^[39]。在长期施用苯基脲类除草剂对果园土壤中,种群数量、功能多样性和遗传多样性都受到敌草隆和利谷隆的明显影响,绿麦隆影响弱一些;DGGE 分析发现,在对照中有假单胞菌的 2 条带,但利谷隆处理的土壤却没有发现^[40]。

在杀菌剂泰乐菌素污染的土壤中,DGGE 分析发现微生物遗传多样性与对照稍有差异^[41]。与对照相比,多种农药污染土壤中可培养微生物多样性存在差异,ERIC PCR 技术基因指纹分析表明,2 个荧光假单胞菌种群的优势菌系不同^[42]。

4 小结

多数研究表明土壤污染不利于微生物多样性,但是对于污染物作用于微生物的机理研究很少。事实上,微生物群落、功能的改变归根结底是由微生物的遗传变异所致,所以今后应该从分子、基因水平入手,研究农药污染物对微生物多样性的影响。此外,应开发对污染物更敏感的微生物多样性的生物标志物(Biomarker)和相应的研究技术。

参考文献

- [1] 周启星,宋玉芳. 污染土壤修复原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [2] 曹慧,崔中利,周育,等. 甲基对硫磷对红壤地区土壤微生物数量的影响[J]. 土壤, 2004, 36(6): 654-657.
- [3] 朱南文,胡茂林,高廷耀. 甲胺磷对土壤微生物活性的影响[J]. 农业环境保护, 1999, 18(1): 4-7.
- [4] BOLDT T S, JACOBSEN C S. Different toxic effects of the sulphonylurea herbicides metsulfuron methyl, chlorsulfuron and thifensulfuron methyl on fluorescent pseudomonads isolated from an agricultural soil [J]. FEMS Microbiol Lett, 1998, 161: 29-35.
- [5] BURNET M, HODGSON B. Differential effects of the sulphonylurea herbicides chlorsulfuron and sulfometuron methyl on microorganisms [J]. Arch Microbiol, 1991, 155: 521-525.
- [6] OMAR S A, ABDEL-SATER M A. Microbial population and enzyme activities in soil treated with pesticides [J]. Water Air Soil Pollut, 2001, 127(14): 49-63.
- [7] TAI W O L B, OSO B A. The influence of some pesticides on soil microbial flora in relation to changes in nutrient level, rock phosphate solubilization and Pre-release under laboratory conditions [J]. Agric Ecosyst Environ, 1997, 65: 59-68.
- [8] KATAYAMA A, FUNASAKA K, FUJIE K. Changes in respiratory quinine profile of a soil applied with pesticides [J]. Biol Fertil Soils, 2001, 33(6): 454-459.
- [9] 汪海珍,徐建民,谢正苗. 甲磺隆结合残留对土壤微生物的影响[J]. 农药学报, 2003, 5(2): 69-78.
- [10] 吕镇梅,闵航,叶央芳. 除草剂二氯 啉酸对水稻田土壤中微生物种群的影响[J]. 应用生态学报, 2004, 15(4): 605-609.
- [11] 杜宇峰,叶央芳. 除草剂苯 草胺对水稻田土壤微生物种群的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2005, 11(6): 747-750.
- [12] 陈中云,闵航,吴伟祥,等. 农药污染对水稻田土壤反硝化细菌种群数量及其活性的影响[J]. 应用生态学报, 2003, 14: 1765-1769.
- [13] 陈中云,闵航,张夫道,等. 农药污染对水稻田土壤硫酸盐还原菌种群数量及其活性影响的研究[J]. 土壤学报, 2004, 41(1): 97-102.
- [14] 姚斌,徐建民,尚鹤,等. 阿特拉津除草剂对土壤微生物生态特征的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(3): 46-49.
- [15] 姚斌,徐建民,尚鹤,等. 甲磺隆污染土壤的微生物生态效应[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(3): 557-561.
- [16] DUNGAN R S, IBEKWE A M, YATES S R. Effect of propargyl bromide and 1,3-dichloropropene on microbial communities in an organically amended soil [J]. FEMS Microbiol Ecol, 2003, 43: 75-87.
- [17] IBEKWE A M, PAHERNKES K, GANJ, et al. Impact of fungicides on soil microbial communities [J]. Appl Environ Microbiol, 2001, 67: 3245-3257.
- [18] MACALADY J L, FULLER M E, SCOW K M. Effects of metamsolunfungin on soil microbial activity and community structure [J]. J Environ Qual, 1998, 27: 54-63.
- [19] MCGUIRE J M, BONECE W S, HIGGINS C E. Tylosin a new antibiotic; I. Microbial studies [J]. Antibiotic Chemotherapy, 1961, 11: 320-327.
- [20] WESTERGAARD K, MULLER A K, CHRISTENSENS, et al. Effects of tylosin as a disturbance on the soil microbial community [J]. Soil Biol Biochem, 2001, 33: 2061-2071.
- [21] THRUP L, JOHNSEN K, TORSVIK V, et al. Effects of fenpropimorph on bacteria and fungi during decomposition of barley roots [J]. Soil Biol Biochem, 2001, 33: 1517-1524.
- [22] BOECKX P, VAN CLEEMPUT O, MEYER T. The influence of land use and pesticides on nethare oxidation in some Belgian soils [J]. Biol Fertil Soils, 1998, 27: 293-298.
- [23] PRIEME A, EKELUNDF. Five pesticides decreased oxidation of atmospheric nethare in a forest soil [J]. Soil Biol Biochem, 2001, 33: 831-835.
- [24] SEGHERS D, VERTHE K, REHELD D, et al. Effect of long term herbicide applications on the bacterial community structure and function in an agricultural soil [J]. FEMS Microbiol Ecol, 2003, 46: 139-146.
- [25] 杨永华,姚健,华晓梅. 农药污染对土壤微生物群落功能多样性的影响[J]. 微生物学杂志, 2000, 20(2): 23-25.
- [26] 姚斌,汪海珍,徐建民,等. 除草剂对水稻土微生物的影响[J]. 环境科学学报, 2004, 24(2): 349-354.
- [27] JOHNSEN K, JACOBSEN C S, TORSVIK V, et al. Pesticide effects on bacterial diversity in agricultural soils: a review [J]. Biol Fertil Soils, 2001, 33: 443-453.
- [28] 张红,吕永龙,辛晓云,等. 杀虫剂类 PCBs 对土壤中微生物群落多样性的影响[J]. 生态学报, 2005, 25(4): 937-942.
- [29] EBERBACH P L, DOUGLAS L A. Effect of herbicide residues in a sandy loam on the growth, nodulation and nitrogenase activity (C_2H_2/C_2H_4) of *Ti-folium subteraneum* [J]. Hart Sil, 1991, 131: 67-76.

(上接第5841 页)

- [30] ABD ALLA MH, OMARS A. Herbicides effects on nodulation, growth and nitrogen yield of faba bean induced by indigenous *Rhizobium leguminosarium* [J]. *Zentralblatt Fur Mikrobiologie*, 1993, 148 :593 - 597.
- [31] MAHMOUD A L E, OMARS A. Growth, cell wall-degrading enzymes and aflatoxin production by lemon rotting fungi in relation to insecticide application [J]. *Microbiol Res*, 1995, 150 :195 - 200.
- [32] LAUKAINEN T, HEINONEN TANSKI H. Mycorrhizal growth in pure cultures in the presence of pesticides [J]. *Microbiol Res*, 2002, 157(2) :127 - 137.
- [33] ABD ALLA MH, OMAR SA, KARANXHA S. The impact of pesticides on arbuscular mycorrhizal and nitrogen fixing symbioses in legumes [J]. *Appl Soil Ecol*, 2000, 14:191 - 200.
- [34] 董昌金, 赵斌. 几种玉米大田除草剂对AM真菌侵染及其酶活性的影响 [J]. *土壤学报*, 2004, 41 :750 - 755.
- [35] 范洁群, 冯固, 李晓林. 有机磷杀虫剂——灭克磷对丛枝菌根真菌 *Gomphonossea* 生长的效应 [J]. *菌物学报*, 2006, 25 :127 - 132.
- [36] 姚健, 杨永华, 沈晓蓉, 等. 农用化学品污染对土壤微生物群落DNA序列多样性影响研究 [J]. *生态学报*, 2000, 20 :1021 - 1027.
- [37] ZHANG R, JIANG J, GU J, et al. Long term effect of methyl parathion contamination on soil microbial community diversity estimated by 16S rRNA gene cloning [J]. *Ecotoxicology*, 2006, 15 :523 - 530.
- [38] 姚晓华, 闵航, 袁海平. 虫脒污染下土壤微生物多样性 [J]. *生态学报*, 2006, 26 :3074 - 3080.
- [39] ENGELEN B, MINKEN K, VON WITZINGERODE F, et al. Monitoring impact of a pesticide treatment on bacterial soil communities by metabolic and genetic fingerprinting in addition to conventional testing procedures [J]. *Appl Environ Microbiol*, 1998, 64 :2814 - 2821.
- [40] EL FANIROUSSI S, VERSCHLIERE L, VERSTRAEIE W, et al. Effect of phenylurea herbicides on soil microbial communities estimated by analysis of 16S rRNA gene fingerprints and community-level physiological profiles [J]. *Appl Environ Microbiol*, 1999, 65 :982 - 988.
- [41] MULLER A K, WESTERGAARD K, CHRISTENSEN S, et al. The diversity and function of soil microbial communities exposed to different disturbances [J]. *Microbiol Ecol*, 2002, 44 :49 - 58.
- [42] NICHOLSON P S, HRSCH P R. The effects of pesticides on the diversity of culturable soil bacteria [J]. *J Appl Microbiol*, 1998, 84 :551 - 558.